

GPS 测绘技术在工程测绘工作中的运用路径分析

文 / 张 琦 甘肃众志伟达建筑工程有限公司

摘要: GPS 测绘技术是一项综合型技术体系, 其将信息技术、传感技术、定位技术等进行综合, 在工程项目测量体系中, 可实现多维度的测量, 精准地分析出测量个体与测量整体之间存在的联动关系。本文分析了 GPS 测绘技术在工程测绘工作中的运用价值, 阐述了 GPS 测绘技术在工程测绘工作中的运用方法, 并提出了几点优化策略, 旨在提高工程测绘工作效率, 拓宽工程测绘的服务范围。

关键词: 工程测绘; GPS 测绘技术; 运用路径

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.14.119

引言

近年来, 测绘技术高速发展, GPS 作为一项现代测绘技术, 凭借其成本低廉、准确度高和工作效率高的显著优势, 在工程测绘领域得到广泛应用, 也为工程测绘领域带来深刻技术变革。然而, GPS 测绘技术的实际运用效果不够理想, 推广速度远低于预期, 为此, 需合理规划 GPS 测绘技术在工程测绘工作体系中的运用路径, 释放其技术潜力, 提高工程测绘精度。

一、GPS 测绘技术在工程测绘工作中的运用价值

(一) 保证测绘质量

传统测绘技术存在众多误差源, 以全站仪测量技术为例, 主要误差包括仪器本身误差、对中误差、目标偏心误差, 以及外部环境引起的附加误差, 多重误差影响下, 实际测绘精度偏低, 误差值持续积累, 未能满足现代工程项目的测绘需求。相比之下, GPS 测绘技术的精准度远超传统测绘技术, 有效作业范围内, 高程测量精度与平面测量精度均达到厘米级, 且测量误差不会持续积累, 测量定位精度足以满足现代建设工程的测绘要求^[1]。

(二) 缩短测绘周期

GPS 测绘技术有着时效性强、流程简洁的优点, 正常情况下, 仅需一次测站, 即可高效完成 5km 半径范围的测量作业, 无论是控制点数量还是仪器设备挪移次数, 都明显少于传统测绘技术, 更短时间内完成全部工程测绘任务。单名测绘人员手持仪器设备, 即可独立开展工程测绘工作, 如果布置由 3-4 名测绘人员组成的测绘小组, 单日可以完成 6-8km 平面测绘工作, 或单日完成 0.8-1.5km 地形测量工作。此外, GPS 测绘技术仅需满足电磁波通视条件, 即可开展测绘工作, 不受现场地形和环境条件限制, 具备 24h 全天候作业条件。

(三) 适应复杂环境

一些建设工程的现场环境较为复杂, 分布山区、水域、林区等特殊地形, 全站仪测量等传统测绘技术并不具备运用条件, 未能达成两点光学通视要求, 存在测绘盲区死角。GPS 测绘技术仅需满足电磁波通视条件即可,

测量精度与工作效率几乎不受地理环境和气候条件影响, 满足 GPS 测绘技术的运用条件。

(四) 降低测绘成本

GPS 测绘技术的平均成本明显低于传统测绘技术, 虽然初始投资成本较高, 需要重新配置仪器设备与采购专业软件, 但在长期工程测绘工作期间, 通过减少测绘人员数量、减少设站次数与仪器挪移次数, 可以持续分摊测绘成本, 最终把总体测绘成本限制在较低水准。同时, 由于 GPS 测绘技术还具备周期短、效率高的特点, 可以在更短时间内完成地形测量、施工测量、竣工总图实测在内的多项工程测绘任务, 通过缩短工程总体工期时间, 取得额外经济效益。

(五) 实现自动化测绘目标

工程测绘流程较为繁琐, 技术含量要求, 测绘人员要具备丰富工作经验和严格约束自身操作行为, 才能顺利完成工程测绘任务。从实际层面来看, 错误操作问题屡禁不绝, 测绘精度有所下滑。GPS 测绘系统具备较高自动化程度, 无人操作条件下, 仍旧可以实现多项测绘功能, 如测量放样、数据采集存储、内业处理。GPS 测绘技术运用期间, 一定程度上实现了自动化测绘目标, 测绘系统按照任务要求和预设指令, 替代人工, 自动完成一部分工程测绘工作, 既能提高测绘精度与测绘效率, 同时又能减轻工作负担。

二、GPS 测绘技术在工程测绘工作中的运用方法

(一) 布设 GPS 网

GPS 控制网由若干数量测站构成, 按照测区面积和现场地形来确定测站数量, 均匀分散布设各座测站, 相邻测站间距尽量保持一致, 略小于有效作业半径, 避免因测站间距过远而形成测绘盲区。尽量把各座测站部署在点位稳定且具备良好观测条件的位置, 如果具备分观测要求, 则在公共点设站, 挑选若干测站当作公共点, 基于连续运行条件, 获取同步观测时间段数据进行内业处理, 通过同步观测来减少野外作业量和降低测绘成本。要求测绘人员把所选基准站当作已知点, 额外布设若干监测点, 共同构成 GPS 控制网^[2]。GPS 控制网布设环节,

重点关注基准站选定、控制网分类两项问题。对于基准站选定问题,尽量在精确坐标点位上布设基准站,通过把控设站质量来缩短整周模糊度解算时间,如果测区现场缺少精确坐标点位,则把基准点布设在地势较高并具备良好视野条件的位置。如果建设工程位于城市区域,普遍选择把基准站布设在高大建筑物上,基准站远离周边发射干扰源,如高压电线、电台和其他大型建筑物。对于控制网分类问题, GPS 控制网包含测图控制网和施工控制网,明确布设要求。测图控制网分为二等到四等,卫星定位测量控制网分为一到二级,导线网分为一到三级,导线分为三到四等,必须采用 GPS 网作为首级控制网。施工控制网精度普遍高于测图控制网,按照建设工程现场条件及总平面图来选择布局方式,地势平坦区域采取导线网,地势起伏明显区域采取三角测量或是边角测量方法建网,总体布局密集测区则布设规则建筑方格网。

(二) GPS 施测

GPS 施测环节,测区现场布设仪器设备,以卫星接收机为例,推荐配备 Trimble 5700 型双频接收机,采取静态测量方式,标称精度为 5mm+1ppm,做好仪器调试检查作业,保持光学对中状态。完成前置作业后,启动接收机,测绘人员输入点号,同时段具备信号接收条件的卫星数量不得少于 4 颗,确定卫星数量达标后,联测 1-2 个已知控制点,核对检查测量精度是否达标,按照标准方法,完成剩余点位测量作业,整理测量数据。结合实际情况来看,必须采取专项措施来控制测量质量,可选质控方法包括已知点检核比较、电台变频实时检测、重测比较。推荐采取已知点检核比较方法,组合使用全站仪来布设测量工程控制网,增加待控制点测量数量,对比校验 GPS 测量结果和全站仪测量结果。如果测区现场控制点数量不足,则采取重测比较法,连续开展多次 GPS 施测作业,根据各次测量数据的比对结果,判断测量精度是否满足设计要求^[3]。

(三) 求解坐标转换参数

GPS 测绘系统普遍选择 WGS-84 坐标系,而国内建设工程选用 1954 北京坐标系,以及 1980 西安坐标系,测绘坐标系与卫星星历有着本质区别,这也导致所采集原始测量数据必须进行转换处理,方能顺利提供工程所需的测绘成果。求解坐标转换参数环节。一方面,基于 1954 坐标系或是 1980 坐标系,掌握测区控制点坐标值,把坐标值输入电子手簿,利用软件自带工序来求解转换参数。另一方面,未掌握测区控制点对应坐标系坐标值的情况下,则采取现场采集方法,电子手簿内输入点位地方坐标,结合坐标采集数据,控制点经过校正处理后,你和最优转换参数,转换参数精准度主要取决于控制点数量和分布情况,要求平面起算点数量不少于 5 个,高程起算点数量不少于 7 个。此外,坐标转换参数求解期间,

转换精度还受到时间因素影响,测量人员必须优选 GPS 施测时间,排除几何图形强度因子偏大时段,尽量在每日清晨或是傍晚开展测量作业。

(四) 数据处理

第一,预处理。以数据分类整理为核心处理内容,提前核对检查原始测量数据的质量状况,剔除不合格数据,通过现场重测来补全数据。按照工程测绘工作要求,各处测站进行点名处理,补充测站信息,转换数据格式并进行归类整理,具体选择 RINEX 数据格式。第二,质量检查。全面检查各测站测量数据,同步检验 IGS 跟踪站观测数据,判断数据质量是否符合质量要求,保证外业采集数据具备有效性与可靠性。数据质量通过检验后,再行开展基线解算作业。第三,基线解算。使用 GAMIT 软件或是其他软件,综合分析卫星轨道参数、IGS 跟踪站坐标值和运动速率等多项因素,利用软件工具解算基线,基线处理内容由基准网基线解算监测网基线解算组成^[4]。第四,平差处理。基准网挑选若干数量 IGS 跟踪站,把跟踪站点作为当作约束条件,加以约束平差处理。也可选择利用松弛度,完成所有测站无约束平差操作,再把若干基准点坐标值当作约束条件,继续进行约束平差处理,平差结果纳入国际地球参考框架当中。

三、GPS 技术在工程测绘中的优化策略

(一) 网络 GPS 测绘

网络 GPS 测绘系统由基准站网、数据处理中心、通信链路等部分组成,系统架构如图 1 所示。基准站网由若干基准站组成,按照测区面积、测绘要求和外部环境条件来决定设站数量,最少布设 3 座基准站,各座基准站均安装全波长双频 PGS 接收机,掌握基准站精确坐标值,为其创造良好观测条件。基准站采集测量数据后,提交给数据处理中心,预处理并质量分析全部基准站测量资料,经过统一解算后,准确估算网内系统性残余误差,构建误差模型,再通过通信链路把处理结果反馈给用户。

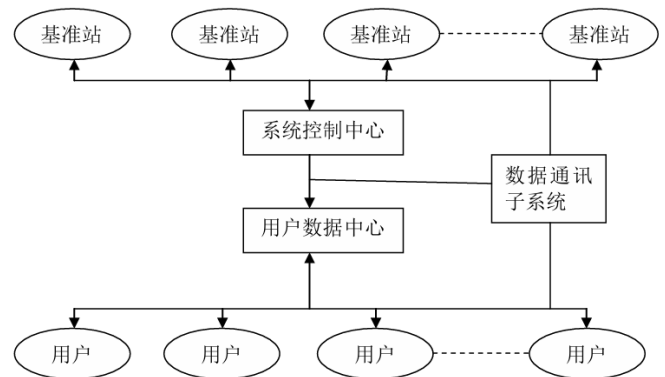


图 1 网络 GPS 测绘系统架构

从工程测绘工作视角来看,网络 GPS 测绘技术属于一项新型定位技术,较大测区范围内分散布设多个基准站,通过实时差分改正全部基准站数据,实现高精度定

位目标, 相比普通 GPS 测绘技术, 网络 GPS 测绘技术进一步扩大作业范围、提高定位精度。目前, 常用的网络 GPS 测绘技术分为虚拟参考站、主辅站、区域改正数法三种类型, 技术原理及应用要点如下。

第一, 虚拟参考站。简称为 VRS 技术, 集成处理所有基准站测量资料, 整体估计网内残余系统误差, 同步建立误差模型, 依托测码伪距进行单点观测定位, 上传所获取坐标值, 将其当作虚拟基准站, 估算残差系统误差, 按照基准站坐标来求解生成虚拟相位观测值, 最终采取 RTK 定位方法, 基于虚拟载波相位坐标和测量值, 用户确认自身最终位置。此项方法适用于虚拟基准站和测绘人员间隔距离较小的情况, 使用普通 GPS 测绘仪器, 能准确获取定位观测结果^[5]。第二, 主辅站。简称为 MAX 技术, 使用到 SPIDER 参考站网软件, 在现有控制网内挑选具备代表性的基准点, 当作主要站点, 剩余基准点当作辅助参考, 注意完成全部站点观测作业, 重点分析主站点和辅助站点的差异情况, 把二者改正数差值当作系统误差改正数。测绘人员向系统后台上传当前所处粗略位置, 经过改正处理后, 再把准确坐标值反馈给测绘人员, 有助于提高测绘工作效率。第三, 区域改正数法。简称为 FKP 技术, 强调数据处理中心集中处理所有基准站上传的测量数据, 准确估计残余系统误差, 具体分为南北向系统误差和东西向系统误差, 再把误差数据反馈至测绘人员, 人工计算所需数值内容。FKP 技术采取单向通讯方式, 有着用户数量不受限制的优点, 但需要使用到专用数据处理软件。

(二) 双模定位

GPS 测绘技术的运用条件较为严格, 必须同时利用 4 颗及更多数量的卫星, 同步观测测区, 才能满足精准定位要求, 实际测绘精度取决于可见卫星数量。同时, 对

于测区现场地理环境较为特殊的工程项目, 卫星信号被障碍物遮挡, 出现信号严重衰减问题。为切实满足特殊地形测绘需求, 需要以多模定位, 作为 GPS 测绘技术的未来运用方向, 具体采取北斗 +GPS 双模定位方法, 北斗定位和 GPS 定位原理一致, 均需要接收不少于 4 颗卫星信号, 方能具备位置解算条件。由于北斗卫星导航系统和 GPS 定位系统的卫星分布情况存在较大差别, 组合使用 2 套导航系统, 可以在相同时间段内接收更多卫星信号, 通过丰富卫星空间图形形状, 更好的满足卫星信号定位数据解算条件。双模定位测绘背景下, 必须使用到 NMEA-0183 协议, 作为 2 套导航系统的统一标准协议, 利用 ASCII 码传递 GPS 定位信息, 常用命令如表 1 所示。

表 1 NMEA-0183 协议常用命令

序号	命令	说明
1	\$GNGGA	GPS/ 北斗定位信息
2	\$GNGSA	当前卫星信息
3	\$GPGSV	可见 GPS 卫星信息
4	\$BDGSV	可见北斗卫星信息
5	\$GNRMC	推荐定位信息
6	\$GNVTG	地面速度信息
7	\$GNGLL	大地坐标信息

(三) 拓展测绘范围

持续拓展 GPS 测绘技术的运用范围, 并结合各类建设工程的具体特征及测绘要求, 明确技术运用方法, 具体可用于电力建设工程测量、工业园区填土方量测量、公路交通测量等工程项目。例如, 在电力建设工程测量期间, 主要完成定线测量任务, 基于设计坐标确认转角点, 选定线路走向, 按照距流动站直线位置来获取目标点位置, 流动站路线趋于直线, 如果线路方向、流动站方向相互重合, 则按照工程现场情况来确认转角塔直线塔位置, 逐一测定坐标值与高程值, 平面控制点测量要求如表 2 所示。

表 2 电力建设工程 GPS 平面控制点测量主要技术要求

等级	相邻点间距离 (m)	点位中误差 (cm)	边长相对中误差	与参考站的距离 (km)	观测次数	起算点等级
一级	≥ 500	≤ ±5	≤ 1/20000	≤ 5	≥ 4	四等及以上
二级	≥ 300	≤ ±5	≤ 1/20000	≤ 5	≥ 3	一级及以上
三级	≥ 200	≤ ±5	≤ 1/20000	≤ 5	≥ 2	二级及以上

结语

综上所述, 目前, GPS 测绘技术在工程测绘领域展现出极高价值, 运用表现和测绘成果质量远超传统测绘技术。测绘机构务必加强对 GPS 测绘技术的运用力度, 掌握正确测绘方法, 合理规划工程测绘流程, 坚持走网络 GPS 测绘、双模定位、拓展测绘范围的运用路径, 不断改善 GPS 测绘技术运用条件。

参考文献

[1] 杨超. 关于 GPS 测绘技术在工程测绘中的应用探讨 [J]. 房地产世界, 2022, (03): 104-106.

[2] 王一帆. 基于北斗 /GPS 双模定位的土地面积测绘技术及土地信息系统研究 [D]. 宁夏大学, 2022.

[3] 宋宁. 讨论 GPS 测绘技术在工程测绘中的应用 [J]. 四川水泥, 2021, (08): 69-70.

[4] 王维. GPS 测绘技术在工程测绘工作中的运用路径分析 [J]. 居舍, 2020, (20): 77-78.

[5] 欧美极. 建筑测绘领域中 GPS 技术的应用研究 [J]. 中国住宅设施, 2022, (01): 137-139.

作者简介: 张琦, 男, 汉, 甘肃天水人, 本科, 工程师, 甘肃众志伟达建筑工程有限公司。